



**Omföring av enskiktade skogsbestånd till  
fullskiktade skogar  
- en simulering i Heureka BeståndsVis**

*Simulated transformation of even-aged stands to multi-layered  
forests- a Heureka StandWise study*

**Nils Lindberg & Elinor Österhult Brehmer**



# Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,  
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel Department of Forest Ecology and Management
Författare/Author	Nils Lindberg & Elinor Österhult Brehmer
Titel, Sv	Omföring av enskiktade skogsbestånd till fullskiktade skogar: en simulering i Heureka BeståndsVis
Titel, Eng	<i>Simulated transformation of even-aged stands to multi-layered forests: a Heureka StandWise study</i>
Nyckelord/ Keywords	Heureka, gallring, fullskiktad, omföring, simulering <i>Heureka, thinning, multi-storied, transformation, simulation</i>
Handledare/Supervisor	Lars Lundqvist Institutionen för Skogens Ekologi och Skötsel  Department of Forest Ecology and Management
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/  Department of Forest Ecology and Management
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2014

## **FÖRORD**

Vi vill först och främst tacka vår handledare Lars Lundqvist för stöd, hjälp och vägledning under arbetet. Tack även till Hampus Holmström, Tomas Lämås och Torgny Lind som har gett oss hjälp med Heureka.

Umeå April 2014

Nils Lindberg och Elinor Österhult Brehmer

## SAMMANFATTNING

Trakthyggesbruket är det idag dominerande skogsskötselsystemet i Sverige. Det finns nackdelar med att sköta skogen med trakthyggesbruk, av både sociala, estetiska och biologiska skäl. Det finns dock alternativa sätt att bruka skogen på, med hyggesfria skogsskötselsystem som bygger på att skogen är fullskiktad.

Syftet med denna studie var att undersöka möjligheter i att omföra enskiktade skogar till fullskiktade genom återkommande gallringar med hjälp av simuleringar.

Data som använts för simuleringarna är inventeringsdata från Västergötlands län, inventerat september 2013. Utifrån beståndsdata valdes bestånd ut med olika trädslagsblandning, ålder och bonitet.

Simuleringsprogrammet som användes var Heureka StandWise och bestånden simulerades över en 100-årsperiod.

Resultaten av simuleringarna visade att det var möjligt att skapa en fullskiktad skog, både i tallbestånd och granbestånd. Tät gallringsmogen skog på bördig mark visade sig vara svårt att konvertera. Ett flertal av de simuleringar som skapade fullskiktade skogar lämnade dock kvar ett oacceptabelt lågt virkesförråd.

Studien visade att omföring av enskiktad skog till fullskiktad är möjligt. Vid återkommande gallringar erhöles goda nettointäkter men trakthyggesbruket var överlägset i nuvärde.

Nyckelord: Heureka, Gallring, Fullskiktad, Omföring, Simulering

## **ABSTRACT**

Conventional clearcutting is the predominate forest management system in Sweden. This management system has some downsides, for example in a social, esthetical and a biological perspective. However, there are alternative forest management methods that does not involve clearcutting, but which requires a multi-layered forest.

The study objective was to investigate the possibilities of transforming single-layered forests to multi-layered, by intermittent thinning made by a simulating program. Data used in the study was inventory data from Västergötlands län, collected in September 2013. Heureka StandWise was the simulation program used in the study. The simulations was conducted over a 100 year period.

The simulations showed that it was possible to create a multi-layered forest in both pine forests and spruce forests. Thick thinning forests on fertile ground proved hard to convert to multi-layered forest. Several of the simulations created multi-layered forests did, however, left behind unacceptably low timber volume.

The study showed that it is possible to transform single-layered forest to multi-layered. The intermittent thinning obtained a great net income, but clearcutting proved to be superior in giving the highest net present value.

Keywords: Heureka, Thinning, Multi-storied, Transformation, Simulation

# INLEDNING

## Bakgrund

Det idag i Sverige dominerande skogsskötselsystemet trakthyggesbruk, med enskiktade skogar, är ifrågasatt av flera anledningar. Dels av estetiska och sociala skäl; att kalhyggen och ungsogar ser tråkiga ut och är svåra/tråkiga att vistas i, jämfört med äldre skogar, och dels att biodiversiteten minskar både inom flora och fauna vid trakthyggesbruk. Cirka 95 % av Sveriges produktiva skogsmarkareal bedrivs med trakthyggesbruk (Lundqvist et al 2009), och det finns intresse från samhället att kunna bedriva skogsbruk utan att förlora rekreativvärden och biologiska värden i skogen. Blådningsbruk kallas en annan typ av skogsskötselsystem som kan vara ett alternativ till trakthyggesbruket, där skogen hålls fullskiktad genom upprepade höggallringar. Det finns även andra läror om hur skogen ska skötas kalhyggesfritt (kontinuitetsskogsbruk): naturkultur och Lübeckmetoden är två olika alternativ som bedrivs idag.

## Potential

1992 gjordes en skogspolitisk utredning (Anon 1992) där man försökte uppmäta Sveriges totala areal fullskiktad skog efter satta kriterier. Dessa kriterier var:

- Minst 70 % gran
- Gallringsmogen eller slutavverkningsmogen skog
- Inverterat-J-formad beståndsstruktur
- Minst 150 m<sup>3</sup>sk/ha
- Markvegetation skulle vara blåbär eller bättre

Totalt fann man att cirka 0,6 miljoner hektar uppfyllde dessa kriterier de vill säga 2,6 % av Sveriges totala skogsmarksareal. Försöken gjordes dock med cirkelprovytor à 314 m<sup>2</sup> och det är inte optimalt vid beskrivning av beståndsdynamik.

Den största delen av den produktiva skogsmarken i Sverige brukas idag med trakthyggesbruk som ger enskiktade eller tvåskiktade skogar. Det finns alltså stora arealer skog i Sverige som uppfyller alla kriterier ovan förutom ”inverterat-j-formad” beståndsstruktur. Om det är möjligt att omföra enskiktade skogar till fullskiktade, skulle produktiv skogsmark i större utsträckning kunna skötas med det hyggesfria skogsskötselsystemet blådningsbruk. Hyggesfria skogsskötselsystem efterfrågas för att kunna värna djur, natur och rekreation, samtidigt som skogsbruk kan bedrivas.

## Dagsläget

Idag bedrivs 95 % av Sveriges skogsmarksareal med trakthyggesbruk (Lundqvist et al 2009). Endast ett fåtal procent bedrivs med blådningsbruk och det finns inte mycket forskning inom ämnet. Det finns alternativa skogsbruksteorier (naturkultur, Lübeckmetoden) som hävdar att upprepade gallringar är ekonomiskt försvarbart även i enskiktade skogar (Mats Hagner 2005;

Silvaskog 2011). Därför är det intressant att undersöka om det kan vara lönsamt att utföra upprepade gallringar i enskiktad skog.

## **Tidigare studier**

En studie genomfördes där man försökte omföra likåldriga granbestånd till fullskiktade bestånd; två stycken i mellersta Sverige och ett i Södra Sverige (Drössler et al 2013). Försöket gjordes med hjälp av simuleringar under en femtio-års period. I resultatet framgick att de två bestånden i mellersta Sverige blev fullskiktade efter femtio år men det blev inte beståndet i södra Sverige.

En sammanställning har tidigare gjorts om vilken kunskap som fanns om flerskiktade skogar och dess skötsel. Man kom fram till att kunskapen om flerskiktade skogar är bristfällig men också att skogsskötelsystem som bibehåller skogen fullskiktad, kan vara konkurrenskraftig mot trakthyggesbruket, både ekologiskt och ekonomiskt (Kuuluvainen et al 2012).

Ett forskningsresultat visade att den flerskiktade skogen gav en bättre ekonomi än den enskiktade skogen vid räntor över 2 % (Tahvonen 2011). Man fick dock inte ut lika stora volymer som vid enskiktat skogsbruk. En annan studie visade att flerskiktad skog var ekonomiskt överlägsen enskiktad skog med avseende på skötselkostnader, ränta och sågtimmerandelen (Tahvonen et al. 2010). I en annan rapport framgick genom numerisk analys att det optimala skogsskötelsystemet varierar från lokal till lokal och från en tidpunkt till en annan. Det optimala valet skiftade beroende på exempelvis planteringskostnad, ränta och massavedspriser (Tahvonen, 2008).

Det finns även forskning som har visat att trakthyggesbruket är överlägset blädningsbruket i nuvärde då man ska avverka en orörd granskog. Förlusterna i nuvärde av att blåda istället för att slutavverka kunde uppgå till 38 % (Wikström et al. 2008). Detta berodde på att större uttag nära i tiden gav större nuvärde.

Forskningen är mer begränsad kring skapandet och upprätthållandet av fullskiktade tallbestånd. I en rapport sammanfattades kunskapen inom fullskiktade tallbestånd för utländska Pinus sp. Även om tall inte är ett skuggföredragande trädslag visar rapporten att det går att skapa ett fullskiktat tallbestånd. Det behövs dock grova fröträd som ger rikligt med frön (Shelton & Cain, 2000). På bördiga marker kan herbicider behöva användas för att minska konkurrensen från konkurrerande växtlighet. Det finns även en finsk studie som studerade utvecklingen av beståndsstruktur för tall på dikad torvmark då gallring uteblev. Med tiden blev beståndet mer olikåldrigt både på lokaler i norra Finland och södra Finland (Sarkkola et al, 2004).

## **Hypotes**

Tidigare forskning pekar främst på att gammal granskog går att sköta/omföra som/till fullskiktad skog. Olikåldriga tallbestånd verkar vara möjligt att upprätthålla, men troligtvis kan det vara svårt att få till en så stor förnygring som täcker regelbundna gallringsuttag. Vår

hypotes är att våra simuleringar kommer visa att gammal granskog är mest lämpad för omföring till blädningsskog.

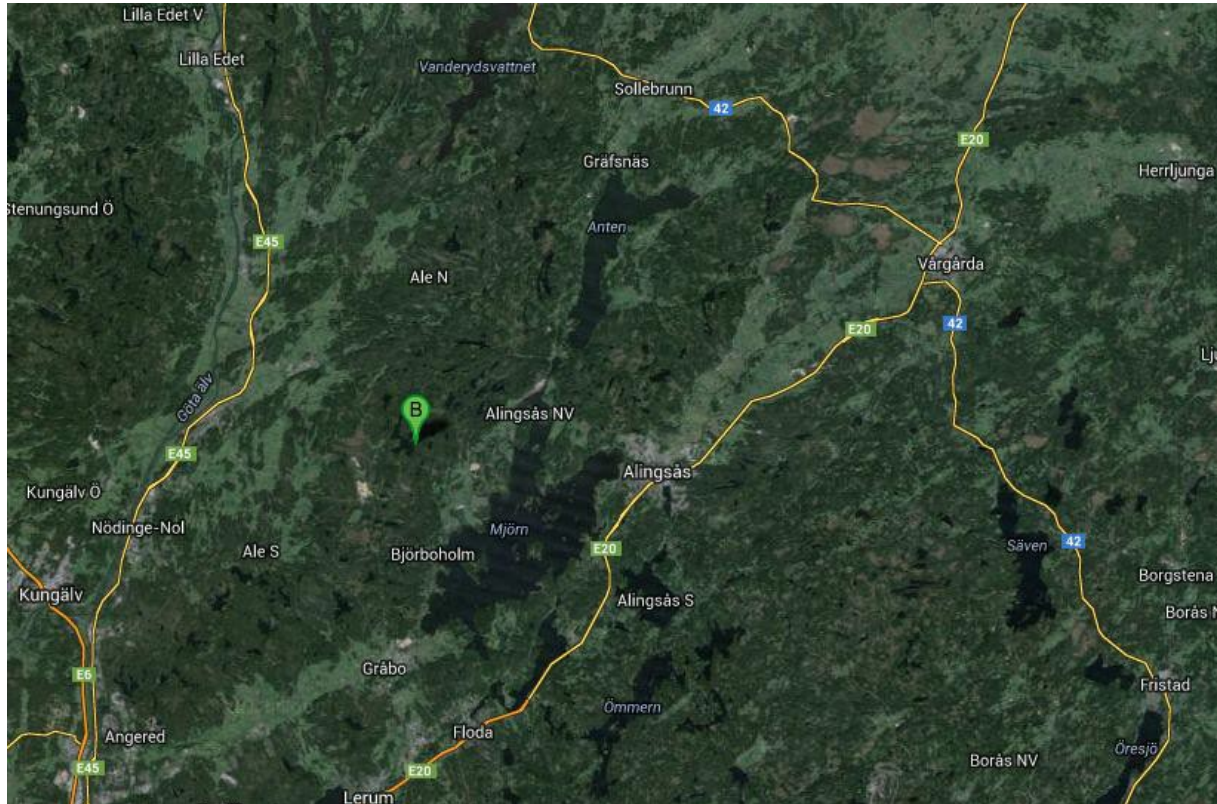
## **Syfte och mål**

Den här studien syftar till att undersöka om omföring av enskiktade skogar till fullskiktade är möjlig för tall och gran vid olika marker och olika förutsättningar i södra Sverige. Studien syftar även till att undersöka om fullskiktad skogsskötsel är lönsamt gentemot trakthyggesbruket. Målet är att genom simuleringar ge en ökad förståelse för om, var och hur man kan gå tillväga för att omföra enskiktade skogar till fullskiktade skogar.



## MATERIAL OCH METODER

Beståndsdata har hämtats från en fastighet som var belägen cirka tre mil väster om Alingsås i Västergötland.



**Figur 1.** Fastighetens läge var vid punkt B på kartan

*Figure 1. The forest estate was located at point B on the map*

Fastigheten var belägen vid sydöstra hörnet av en sjö som heter Tinnsjön, som ligger i Lerums kommun i Västra Götalands län.

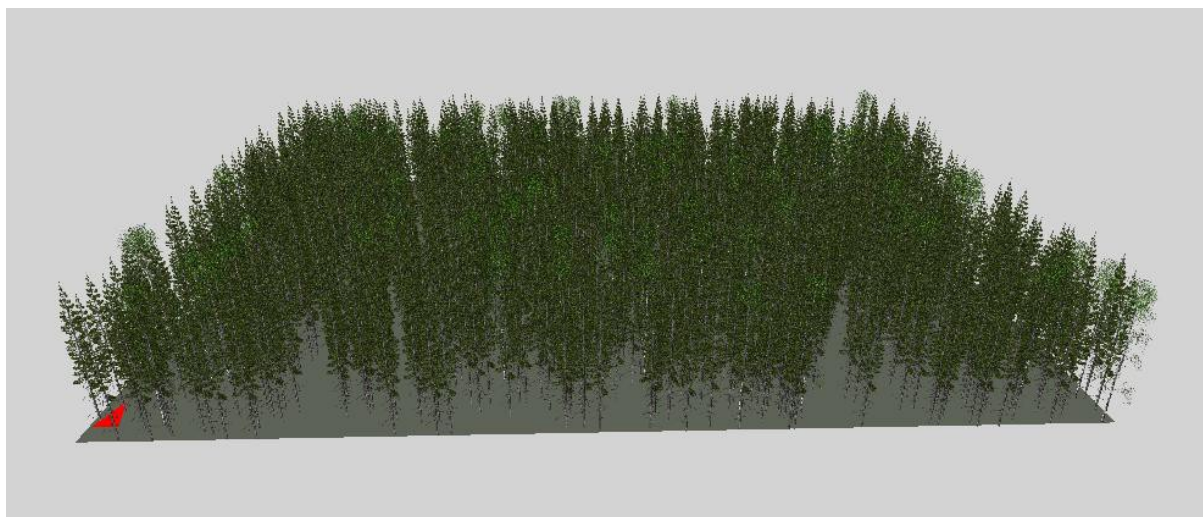
Fastigheten inventerades av artikelns författare i september 2013. Både beståndsgränser och beståndsdata registrerades under inventeringen. Huvuddelen av fastigheten inventerades genom subjektiv inventering. Den subjektiva inventeringen utfördes genom att provpunkter valdes ut subjektivt, vid representativa punkter i beståndet. I homogena bestånd valdes färre provpunkter ut (3-4 stycken per bestånd), och i heterogena bestånd valdes flera provpunkter ut (6-7 stycken per bestånd). Vid dessa punkter registrerades beståndsdata i form av medelhöjd, medelålder, medeldiameter, grundyta, trädslagsblandning, stamantal, jordart, ståndortsindex (både via övre höjd och ståndortsfaktorer), drivningsförhållanden, vegetationstyp, markfuktighet och huggningsklass. Data för enskilda träd registrerades också. För varje enskilt träd inom sju meters radie från provytecentrum registrerades diameter, höjd, grön krongränshöjd, ålder, dubbel barktjocklek, stamantal, trädslagsblandning och grundyta.

Totalt inventerades ungefär 55 hektar som delades upp på 23 bestånd. Av dessa 23 valde artikelns författare ut två bestånd som arbetades vidare med genom systematisk objektiv

inventering. En startpunkt slumpades ut i beståndet med hjälp av slumpstal. Utifrån denna slumpvis valda punkt lades ett objektivet rutnät av inventeringspunkter ut (totalt tio punkter per bestånd) med ett förband beräknat med slumpstal. Samma bestånds- och trädvariabler som registrerades vid den subjektiva inventeringen registrerades här.

Utifrån denna inventering valdes fem bestånd ut (varav två bestånd var objektivet inventerade) som underlag till simuleringen. Simuleringen gjordes i Heureka Standwise som är en applikation inom Heureka där varje bestånd simuleras enskilt. Den inventerade fastigheten bestod framförallt av gran (*Picea Abies*). Tidigare forskning har visat att blädning fungerar bäst på gran, och i denna undersökning valdes tre granbestånd ut och två tallbestånd (*Pinus sylvestris*).

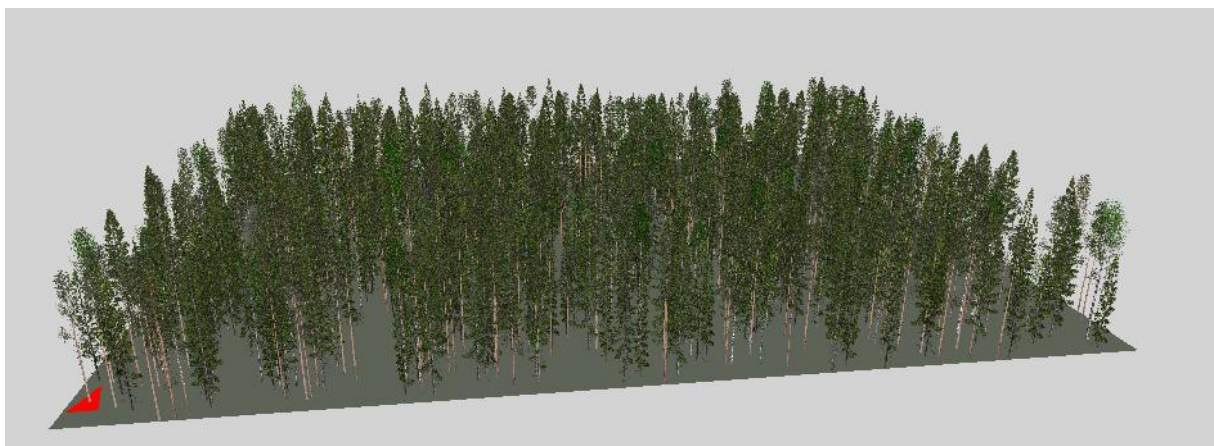
Bestånd 1: Det första granbeståndet var ett välskött gallringsbestånd på god mark. Ståndortsindex var G30 och beståndet var 50 år gammalt. Frisk-fuktig mark. Virkesförrådet var cirka 210 m<sup>3</sup>sk/ha.



**Figur 2:** Utgångsläge för bestånd ett.

**Figure 2.** Stand one at year zero

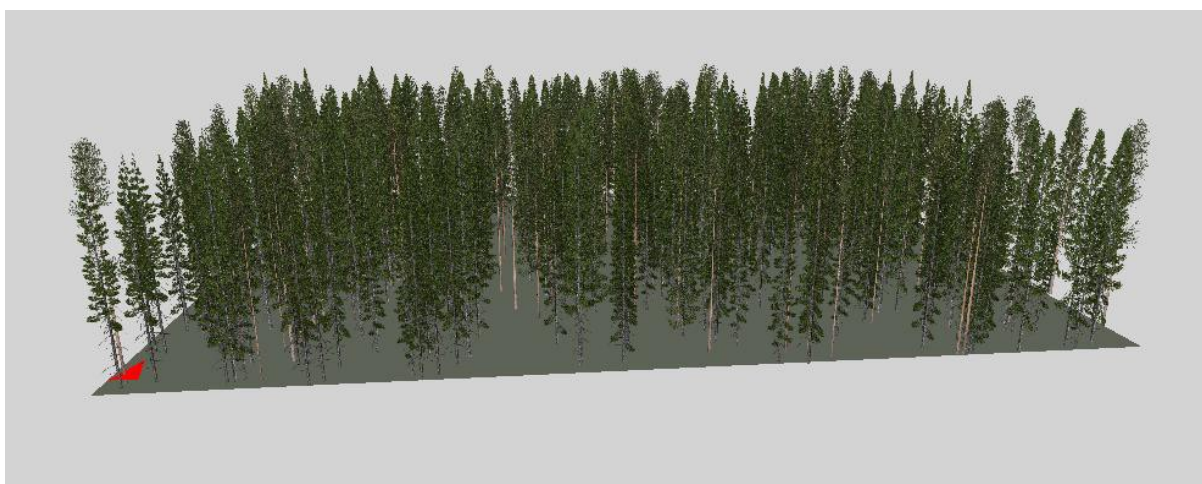
Bestånd 2: Det andra granbeståndet var ytterligare ett välskött gallringsbestånd på ganska hög bonitet. Här fanns även ganska mycket tall. Ståndortsindex var G26 och beståndet var 54 år gammalt. Frisk mark. Virkesförrådet var 134 m<sup>3</sup>sk/ha.



**Figur 3.** Utgångsläge för bestånd två

*Figure 3.* Stand two at year zero

Bestånd 3: Det tredje granbeståndet var ett slutavverkningsmoget bestånd på god mark. Ståndortsindex var G30 och beståndet var cirka 100 år gammalt. Frisk mark. Virkesförrådet var ungefär 240 m<sup>3</sup>sk/ha.

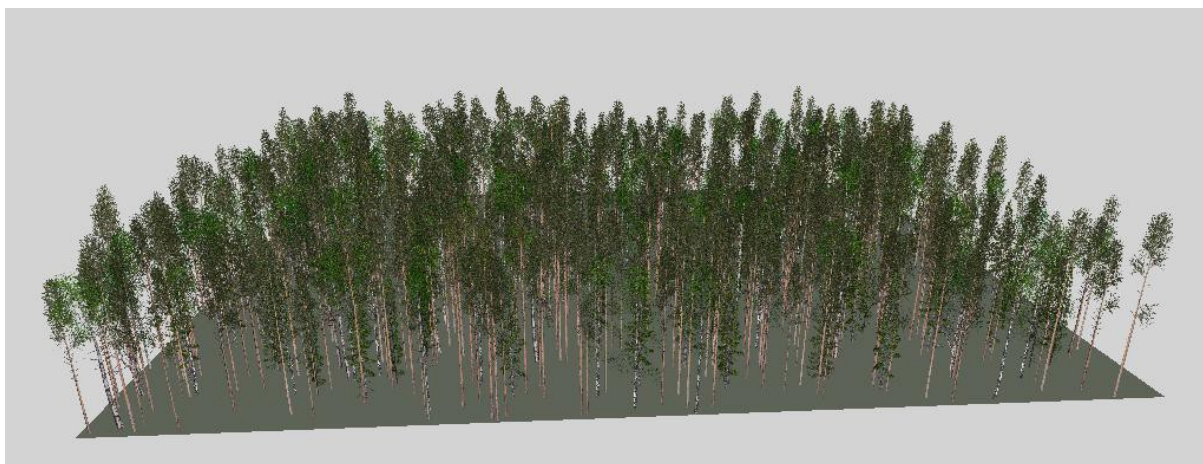


**Figur 4.** Utgångsläge för bestånd tre.

*Figure 4.* Stand three at year zero.

Bestånd 4: Det första tallbeståndet var ett gallringsbestånd på medelgod mark. Ståndortsindex var T25 och beståndet var 54 år gammalt. Frisk mark. Virkesförrådet var cirka 190 m<sup>3</sup>sk/ha.

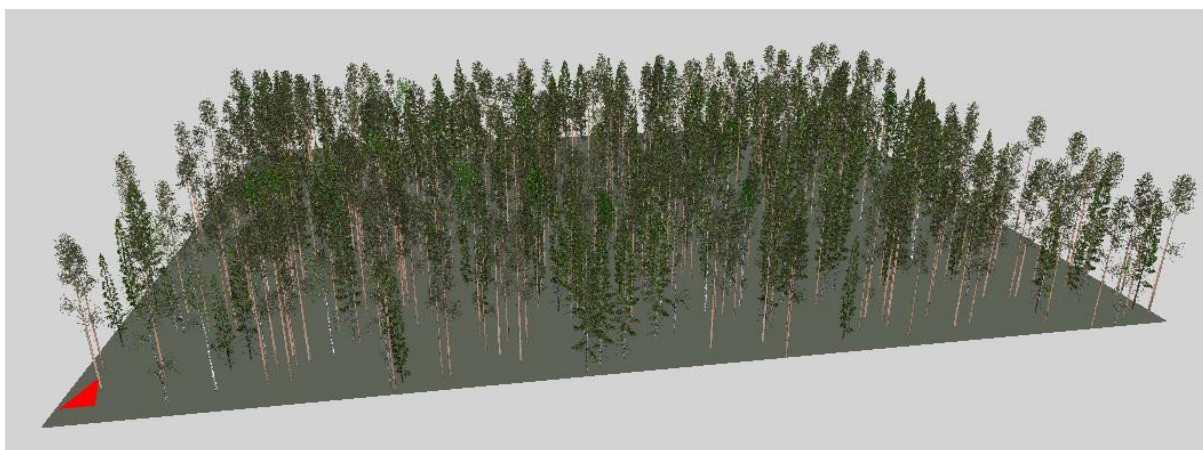




**Figur 5.** Utgångsläge för bestånd fyra.

**Figure 5.** Stand four at year zero

Bestånd 5: Det andra tallbeståndet var ett riktigt gammalt bestånd på karg, mager mark. Ståndortsindex var T16 och beståndet var 117 år gammalt. Torr mark. Virkesförrådet var cirka 100 m<sup>3</sup>sk/ha.



**Figur 6.** Utgångsläge för bestånd fem.

**Figure 6.** Stand five at year zero.

**Tabell 1:** Utgångsläge för de fem bestånden

**Table 1:** Stand variables at year zero.

Bestånd	Medelålder (år)	Medeldiameter (cm)	Virkesförråd (m <sup>3</sup> sk/ha)	Likåldrighet	Skiktning	Gini- koefficient
1	51	16,5	212,5	Likåldrig	Homogen	0,013
2	54	15,8	134	Likåldrig	Homogen	0,215
3	101	23,4	243	Likåldrig	Homogen	0,229
4	54	23,2	190,4	Likåldrig	Homogen	0,304
5	117	17,6	102,7	Likåldrig	Homogen	0,264

Ginikoefficienten antar ett värde mellan 0-1, och används som mått på jämnhet i ett skogsbestånd. Värdet 0 innebär maximal jämnhet, och värdet 1 innebär maximal ojämnheter. De enskilda trädens grundtytor används för beräkningen.

$$G = \frac{n + 1}{n} - \frac{2 \sum_1^n (n + 1 - i) x_i}{n \sum_1^n x_i}$$

**Figur 7.** Formel för beräkning av gini-koefficient där "n" är antalet träd i beståndet och  $x_i$  är det i:te trädets grundtyta.

**Figure 7.** Formula for calculation of the gini-coefficient where "n" is the number of trees in the calculated stand and  $x_i$  is the basal area of tree number "i".

Skiktning delas in i två klasser; homogent och inverterad J-formad. Träden i ett bestånd delas in i fyra olika diameterklasser. Om antalet träd är avtagande i varje högre diameterklass, klassas beståndet som inverterat J-format. Detta är extra intressant för granbestånd, då det oftast kommer upp nya föryngrade träd. Om en granskog klassas som J-format är den därför per definition fullskiktad oavsett likåldrighet (Anon 1992).

Likåldrighet delas in i två klasser; likåldrig och olikåldrig. Ett olikåldrigt bestånd klassificeras av att mindre än 80 % av volymen finns inom ett 20-årigt åldersintervall. Finns 80 % eller mer av träden inom detta intervall klassas beståndet som likåldrigt. Denna variabel är framförallt intressant för enskiktade tallbestånd då det oftast inte kommer upp föryngrade träd underifrån. För ett enskiktat tallbestånd är den enda möjligheten att uppfylla kriterierna för olikåldrig skog att riklig beståndsföryngring sker.

I Standwise undersöktes dessa fem bestånd var för sig. Blädningsbruk har i princip bara ett skötselgrepp och det är upprepade gallringar. Fokus låg därför på att variera gallringen. Blädning bygger på att de grövsta träden plockas ut så att beståndsföryngring kan ske och att mindre träd får möjlighet att växa till sig. Den genomgående gallringsformen var därför i våra simuleringar höggallring. De variabler som var intressanta att variera i Standwise var i vårt fall gallringsstyrkan och längden på gallringsintervallerna. Enligt rekommendationer för blädning bör virkesförrådet på bördig mark ej understiga 200 m<sup>3</sup>sk per hektar och på kargare mark bör det ej understiga 150 m<sup>3</sup>sk per hektar (Lundqvist et al. 2009). I detta fall avses G18/T20 och högre som "bördig mark" och boniteter som understiger G18/T20 räknas som karga. Understigs dessa gränser förlorar man i tillväxt. Sju gallringsprogram har utformats:

**Tabell 2.** Gallringsprogram som har simulerats för bestånd ett, två, tre och fyra

**Table 2.** Simulated thinning programs for stand one, two, three and four.

Gallringsprogram	1	2	3	4	5	6	7
Intervall (år)	10	15	15	20	20	20	40
Styrka	Ned till 200 m <sup>3</sup> sk/ha	Ned till 200 m <sup>3</sup> sk/ha	30 %	Ned till 200 m <sup>3</sup> sk/ha	Ned till 230 m <sup>3</sup> sk/ha	40 %	Ned till 150 m <sup>3</sup> sk/ha
Gallringstyp	Hög	Hög	Hög	Hög	Hög	Hög	Hög

**Tabell 3.** Gallringsprogram som har simulerats för bestånd fem.

**Table 3.** *Simulated thinning programs for stand five.*

Gallringsprogram	1	2	3	4	5	6	7
Intervall (år)	10	15	15	20	20	20	40
Styrka	Ned till 150 m <sup>3</sup> sk/ha	Ned till 150 m <sup>3</sup> sk/ha	30 %	Ned till 150 m <sup>3</sup> sk/ha	Ned till 180 m <sup>3</sup> sk/ha	40 %	Ned till 100 m <sup>3</sup> sk/ha
Gallringstyp	Hög	Hög	Hög	Hög	Hög	Hög	Hög

Efter simulering av dessa gallringsprogram för vart och ett av de fem bestånden, så utvärderades resultatet med avseende på volymtillväxt, nettointäkt, ginikoefficient, skiktning samt likåldrighet.

Som referens har vart och ett av bestånden simulerats som trakthyggesbruk med avseende på högsta nuvärde (enligt Heureka). Simuleringen gjordes över en 100-års period.

# RESULTAT

**År 100:**

**Tabell 4. Resultat**

*Table 4: Results*

Bestånd	Simule- ring	Medel- ålder (år)	Medel- diameter (cm)	Virkes- förråd (m3sk/ha)	Likåldrighet	Skiktning	Gini- koefficient	Virkesuttag (m3sk/ha)	Nettointäkt (SEK/ha)
1	1	128,9	36,6	200,2	Olikåldrig	Homogen	0,652	612,1	96 196
	2	132,4	37,3	228	Olikåldrig	Homogen	0,653	666	115 836
	3	137,9	39,4	229,9	Likåldrig	Homogen	0,669	754,6	140 875
	4	135,7	39,4	201,9	Likåldrig	Homogen	0,652	782,8	146 673
	5	137,9	40,1	233,6	Likåldrig	Homogen	0,674	756	140 417
	6	131,4	39,4	140	Olikåldrig	Homogen	0,662	844,7	162 424
	7	143,7	43,3	191,5	Likåldrig	Homogen	0,687	696,6	110 708
2	1	136,8	35	200,4	Olikåldrig	Homogen	0,632	461,4	64 330
	2	138,3	34,6	229,2	Likåldrig	Homogen	0,618	447	69 039
	3	131,9	33,2	170,5	Olikåldrig	Homogen	0,623	488,7	77 836
	4	139,6	34,7	199,7	Likåldrig	Homogen	0,63	475,5	77 274
	5	144,1	34,9	230,7	Likåldrig	Homogen	0,611	463,6	76 046
	6	126	32,8	109,1	Olikåldrig	Homogen	0,635	545,7	91 105
	7	139,3	32,6	203,9	Likåldrig	J-formad	0,666	434,9	72 238
3	1	178,5	38,8	199,3	Likåldrig	J-formad	0,665	353,8	49 112
	2	180,4	38,6	217,1	Likåldrig	Homogen	0,655	347,5	55 804
	3	158	34,3	114,8	Olikåldrig	J-formad	0,655	443,3	76 383
	4	179,7	38,5	200,6	Likåldrig	Homogen	0,665	372,8	64 026
	5	185,6	39,2	231,4	Likåldrig	Homogen	0,648	353,8	61 117
	6	148,3	33,7	72,3	Olikåldrig	J-formad	0,652	483,5	86 502
	7	175,9	35,3	186,8	Likåldrig	Homogen	0,648	347,9	65 549
4	1	137,5	34,8	199,9	Likåldrig	Homogen	0,630	411,2	63 301
	2	139,3	36,6	223,6	Likåldrig	J-formad	0,646	396,2	66 911
	3	131,9	33,8	141,9	Olikåldrig	Homogen	0,652	464	81 046
	4	138,4	36,9	200,6	Likåldrig	J-formad	0,649	426,7	77 513
	5	141,7	37,9	230,3	Likåldrig	Homogen	0,643	410,5	75 339
	6	125,1	33,5	91,5	Olikåldrig	Homogen	0,661	510,8	93 919
	7	138,7	34,6	198,8	Likåldrig	Homogen	0,614	418,2	81 691
5	1	206,2	29,1	149,5	Likåldrig	Homogen	0,51	141,3	6 007
	2	206,6	29	163,4	Likåldrig	Homogen	0,5	131,5	10 359
	3	194,8	28,2	109,2	Olikåldrig	J-formad	0,558	169,8	13 304
	4	205,5	29,1	150,3	Olikåldrig	Homogen	0,521	147,6	15 576
	5	209,1	29,2	179,2	Likåldrig	Homogen	0,484	124,5	12 705
	6	183	27,9	71,5	Olikåldrig	Homogen	0,589	206,1	21 363
	7	199	28,1	126,9	Likåldrig	Homogen	0,529	162,5	20 393

**Tabell 5.** Inväxning för de program som gav J-format struktur inom ett bestånd (100-årigt medelvärde).  
**Table 5.** Ingrowth value for programs and stands with a j-formed structure. (Mean value over 100 years)

Bestånd	Gallringsprogram	Inväxning (träd/ha/år)
2	7	4,0
3	1	2,9
3	3	3,8
3	6	4,2
4	2	3,3
4	4	3,3
5	3	2,8

### Bestånd 1:

Bestånd 1 var ett medelålders granbestånd som hade god bonitet och var relativt nygallrat när det inventerades. Av alla fem simulerade bestånd hade bestånd 1 den högsta medelnettointäkten samt det högsta virkesuttaget. Detta beror troligtvis på att beståndet hade högt virkesförråd i utgångsläget samt att träden ej nått tillväxtkulmen vid inventeringstidpunkten.

Av de sju gallringsprogrammen gav program sex högst virkesuttag samt högst nettointäkt. Dock uppgick virkesförrådet vid planperiodens slut endast till cirka 140 m<sup>3</sup>sk/ha och understeg därmed den rekommenderade lägsta volymen på 200 m<sup>3</sup>sk/ha för blädning. Möjlig volym att gallra kommer därför troligtvis att minska för varje gallringsintervall. Anledningen till att volymen blev så låg vid år 100 kan vara att gallringsstyrkan var för hög.

Utfallen av gallringsprogram tre, fyra och fem gav snarlika resultat. Dessa tre gallringsprogram gav en hög nettointäkt och en god mängd kvarstående volym som skulle kunna fortsätta gallras. Dock blev inte skogen fullskiktad, den klassades vid år 100 som likåldrig och homogen. Då dessa gallringsprogram var ganska lika gav de också ganska lika utfall. Gini- koefficienten var relativt hög, cirka 0,66, dock beskriver den endast ojämnheter av de enskilda trädstammarnas grundyta, och behöver inte nödvändigtvis beskriva om skogen är fullskiktad eller inte.

Gallringsprogram ett och sju hade lägre nettointäkt än resten av programmen. I gallringsprogram var gallringsintervallen täta, och drivningskostnaderna blev troligtvis proportionellt höga i förhållande till uttagen volym. I gallringsprogram sju var gallringsintervallen för glesa, och det ledde förmodligen till ökad självgallring i beståndet, och sänkt tillväxt på grund av trängsel.

Gallringsprogram två hade vid planperiodens slut ett virkesförråd på cirka 230 m<sup>3</sup>sk/ha. Vid år 100 var beståndet olikåldrigt, dock fortfarande homogent. Även fast beståndet inte klassas som J-format verkar föryngring ha skett. Nettointäkten blev inte heller lika hög som i gallringsprogram tre, fyra, fem och sex.

Efter att ha fört in beståndsregistret i Heureka PlanVis gjordes en optimering med avseende på högsta nuvärde med skogsskötselsystemet trakthyggesbruk. Nettointäkten var då 97 948



SEK/ha, det vill säga lägre än nettointäkten för samtliga gallringsprogram med undantag för gallringsprogram ett.

## **Bestånd 2:**

Resultaten för bestånd två var lika resultaten för bestånd ett. Program sex gav högsta nettointäkten men lämnade kvar ett virkesförråd på 109 m<sup>3</sup>sk/ha, som understiger den rekommenderade lägsta volymen på 200 m<sup>3</sup>sk/ha för blädning. Program tre, fyra och fem gav även liknande resultat som i bestånd 1. En skillnad var att program tre genererade en olikåldrig skog vid slutet av planperioden i bestånd 2. Dock blev virkesförrådet endast 170 m<sup>3</sup>sk/ha vid år 100 för gallringsprogram tre.

Gallringsprogram ett och två hade bägge (jämfört med andra gallringsprogram för beståndet) lägre nettointäkter. En trolig anledning till detta kan vara att täta gallringsintervall gav mindre volymuttag per gallring, och gav därför proportionellt sett högre drivningskostnader.

En anledning till att bestånd ett och två gav snarlika utfall av samtliga gallringsprogram, kan vara att båda bestånden var ungefär lika gamla vid planperiodens start och att både hade samma bonitetsvisande trädslag. Det som skiljde dessa bestånd var boniteten och virkesförrådet vid planperiodens start, vilket syntes i nettointäkten och volymuttaget som var större i bestånd 1.

Den största skillnaden mellan bestånd ett och två syntes i gallringsprogram sju. Programmet gav i bestånd två år 100 en likåldrig skog, men som ändå var J-formad. 80 % av beståndets träd var då i samma 20-års intervall. Flest träd fanns i de lägre diameterklasserna och minst antal träd fanns i de högre diameterklasserna. Eftersom detta rörde sig om en granskog vägde inte likåldrighet så tungt. Om en granskog klassas som J-formad är den per definition fullskiktad.

I Heureka PlanVis gjordes en optimering med avseende på högsta nuvärde med skogsskötselsystemet trakthyggesbruk. Nettointäkten var då 53 573 SEK/ha för bestånd två, det vill säga lägre än nettointäkten för samtliga gallringsprogram.

## **Bestånd 3:**

Program tre och sex var år 100 både olikåldriga och inverterat j-formade, alltså den karakteristiska beståndsstrukturen för blädningsskogen. Det bör dock poängteras att virkesförrådet för dessa två gallringsprogram var väldigt lågt år 100. Fortsatta gallringsuttag kommer bli extremt små om ens möjliga med dessa gallringsprogram.

Program ett gav vid år 100 en likåldrig skog som var inverterat j-formad. Detta bestånd klassades också som fullskiktad.

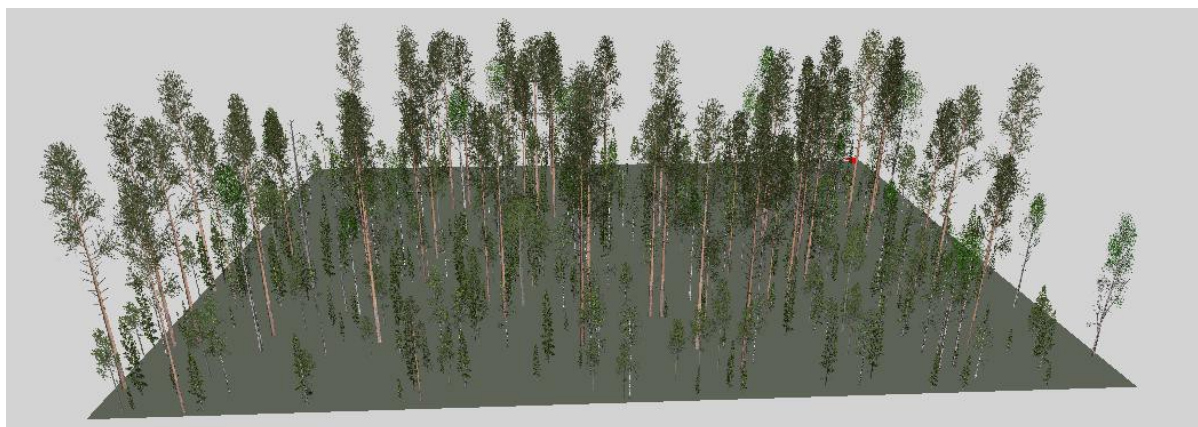
Gallringsprogram två, fyra, fem och sju blev vid år 100 likåldriga och homogena. Gallringsprogram sju hade ett inom bestånd tre en högre nettointäkt än vad program sju hade i bestånd ett och två. Detta berodde troligen på att bestånd tre var ett gammalt slutavverkningsmoget bestånd. Varken självgallring eller trängsel utgjorde ett problem i denna typ av bestånd då träden redan var fullvuxna.

Enligt PlanVis modell för högsta nuvärde vid trakthyggebruk, var nettointäkten vid 112 635 SEK/ha. Det var klart högre än samtliga simulerade gallringsprogram för bestånd tre

#### **Bestånd 4:**

Bestånd fyra var dominerat av tall. De gallringsprogram som gav likåldriga, homogena bestånd var ett, fem och sju.

Gallringsprogram tre och sex gav olikåldriga, homogena bestånd. Enligt 3D-bilden ser program tre ut att vara tvåskiktat vid år 100.



**Figur 7.** Bestånd tre, gallringsprogram tre vid år 100.

*Figure 7:* Estate three, thinning program three year 100.

Högsta nettointäkten gav gallringsprogram sex, men dock lämnades ett mycket litet virkesförråd kvar. Detta kan bero på att gallringsstyrkan var för hög i förhållande till tillväxten.

Gallringsprogram två och fyra gav i slutet ett likåldrigt bestånd som var inverterat J-format. Eftersom detta var ett tallbestånd var likåldrigheten intressant. Båda gallringsprogrammen gav en inväxning på 3,3 träd/år/ha.

Enligt Planvis är nettointäkten vid trakthyggesbruk med avseende på högsta nuvärde 99 629 SEK/ha. Det är högre än samtliga simulerade gallringsprogram för bestånd fyra.

#### **Bestånd 5:**

Gallringsprogram tre gav ett olikåldrigt j-format bestånd. Dock sjönk virkesförrådet väldigt lågt och fortsatt gallring är troligtvis inte möjlig.



**Figur 8.** Bestånd fem, gallringsprogram sex vid år 100.

**Figure 8.** Estate five, thinning program six year 100.

Även i gallringsprogram sex sjönk virkesförrådet väldigt mycket. Med gallringsprogram tre och sex blev virkesförrådet för lågt för att fortsatt gallring skulle vara möjligt. Detta gällde för bestånd två, tre, fyra och fem. Detta berodde troligen på att ett procentuellt uttag hade satts istället för en gräns för hur hårt gallringen fick ske. Vid ett procentuellt uttag kunde virke tas ut även när stående volymen är extremt låg vilken inte var möjligt om en gräns var satt.

Gallringsprogram ett, med täta gallringsintervall, gav en väldigt låg nettointäkt i bestånd fem. Det kan troligtvis ha berott på att volymuttagen blev väldigt låga per gallring på grund av att den låga boniteten gav en dålig tillväxt. Gallringsuttagen blev extra små vid täta gallringsintervall

Gallringsprogram sju med långa gallringsintervall gav en proportionellt hög nettointäkt i bestånd fem jämfört med övriga bestånd. Boniteten var väldigt låg i bestånd fem, och det kan ha gjort att tillväxten under korta gallringsintervall blev mycket liten och därmed blev också volymuttaget litet. Detta ger ökade drivningskostnader. Med längre intervall blev uttagen större och drivningskostnaderna mindre. I de övriga bestånden gjorde gallringsprogram sju att volymer förlorades på grund av självgallring och det kan ha lett till en lägre nettointäkt.

Enligt Planvis är nettointäkten vid högsta nuvärde 10 335 SEK/ha. Det var lägre än samtliga simulerade gallringsprogram för bestånd fem med undantag för gallringsprogram ett.

## DISKUSSION

Det mest intressanta av simuleringsresultaten var att bestånd ett, två och fem hade högre nettointäkt vid blädning än vid trakthyggesbruk. Detta behöver nödvändigtvis inte bero på att trakthyggesbruk är mindre lönsamt. En bidragande faktor är att endast en omloppstid (en slutavverkning) hinns med på planperioden. Eftersom trakthyggesbruket är optimerat efter högsta nuvärde planeras det inte att två slutavverkningar hinns med under planperioden. Istället planeras att slutavverkningen sker när beståndet uppnått sin tillväxtkulmen. Skulle man öka planperioden tio-tjugo år så ytterligare en slutavverkning hinns med skulle nettointäkten givetvis bli högre för bestånd ett, två och fem.

Att skapa en inverterat j-formad, olikåldrig skog var inte enkelt. De flesta gallringsprogram som i slutet gav en j-formad skog, lämnade kvar ett väldigt lågt virkesförråd. De gallringsprogram som lämnade ett acceptabelt virkesförråd gjorde inte skogen fullskiktad. Om man inte krävde att skogen var inverterat j-formad eller olikåldrig skulle man ändå kunna sköta skogen hyggesfritt ett tag. När tillväxten till slut blir så låg att gallringsingreppen knappt lönar sig är man dock tvungen att slutavverka och föryngra.

Troligtvis var 100 år var en för kort period för att möjliggöra en omföring av enskiktade skogar till fullskiktade. Skulle perioden ökas ytterligare 100 år eller kanske 200 år skulle det kanske vara möjligt att åstadkomma detta. Problemet är då att osäkerheten blir så stor att resultatet inte blir trovärdigt. Osäkerheten är redan stor redan 100 år framåt.

Det bör poängteras att även simuleringsprogrammet i sig innehåller brister. Exempelvis har det visat sig att modellerna för trädens tillväxt i ungskogsfasen är bristfälliga. Det går inte att beskriva föryngringens utveckling utan osäkerheter. Simuleringsprogrammet i sig innehåller också brister till exempel behandlas inte spatiala förhållanden alls, och inte heller risken för att abiotiska eller biotiska skador ska ske i beståndet.

Enligt våra simuleringar skapades fullskiktade granbestånd i bestånd två med gallringsprogram sju och i bestånd tre med gallringsprogram ett, tre och sex. Bestånd ett som också var ett granbestånd blev inte fullskiktad i någon av våra simuleringar. I en rapport simulerades omföring av enskiktade granbestånd under en 50-årsperiod, varav ett låg i södra Sverige, i Småland (Drössler et al. 2013). Likheten med våra granbestånd var att de låg på samma breddgrad, 57. Beståndet som undersöktes i den rapporten var runt 30 år gammalt och hade mycket god bonitet, G35. Skogen var en gallringsskog (Drössler et al. 2013). Detta bestånd kunde till viss del liknas vid bestånd ett i våra simuleringar. Att bestånden har en viss åldersskillnad och olika bonitet gör att man får en osäkerhet vid jämförelse bestånden emellan.

Gemensamt med bestånd ett och det i den nämnda studien ovan var att bestånden ej blev fullskiktade vid planperiodens slut. I samma studie konstaterades även att två bestånd i mellersta Sverige blev fullskiktade efter femtio år. Dessa bestånd låg nära Östersund och var ungefär 50 år gamla och hade ungefär ett ståndortsindex på G26 (Drössler et al. 2013). Dessa bestandsvariabler var väldigt lika variablerna för bestånd två i våra simuleringar med undantag för breddgraden.

Den studien visade att är det svårt att konvertera ett bördigt ”medelålders granbestånd” men att det kan vara möjligt att konvertera ett mindre bördigt ”medelålders granbestånd” till fullskiktad skog (Drössler et al. 2013). Tätvuxenheten kan vara en faktor som försvårar

omföring av enskiktad skog till fullskiktad, och vårt bestånd ett samt den andra studiens sydliga, bördiga bestånd var båda tätvuxna. I den studiens sydliga bestånd fanns knappt någon markvegetation och beståndet hade ungefär 2000 stammar per hektar (Drössler et al. 2013). I tätvuxna skogar kan det vara svårt att få förnygring innan man gallrat ut träd beroende på att kottproduktionen minskar vid överdriven trängsel. Det är möjligt att dessa skogar kan bli fullskiktade på längre sikt, men en planperiod på femtio eller hundra år verkade vara ett för kort tidsspann.

Bestånd tre i våra simuleringar gav en fullskiktad skog i tre av sju gallringsprogram. Detta var en gammal granskog med inslag av tall på bördig mark, G30. Två av gallringsprogrammen lämnade tyvärr kvar ett otillfredsställande virkesförråd vid planperiodens slut. Gallringsprogram ett lämnade kvar ett gott virkesförråd samtidigt som skogen blev fullskiktad. Vid inventeringstillfället hade självgallring redan påbörjats och flera luckor fanns i skogen och även en del förnygring. Genom att börja gallra kunde mer beståndsförnygring ske. Vid inventeringstillfället såg beståndet ut att ha varit orört länge, och skogen hade redan påbörjat utveckling mot mer fullskiktad struktur. Det gjorde troligtvis att det var enklare att konvertera detta bestånd till fullskiktad skog.

I en annan rapport kom man fram till att trakthyggesbruket var överlägset blädningsbruket i gamla granskogar, sett till ekonomiska värden (Wikström 2008). Våra simuleringar visade att ”hyggesfritt” skogsbruk mycket väl kan konkurrera med trakthyggesbruket om man ser till nettointäkten. Dock beror nettointäkts-jämförelsen på hur många omloppstider trakthyggesbruket hinner med under planperioden. Våra bestånd som hann med två omloppstider under planperioden för trakthyggesbruk, gav alltid högre nettointäkt än våra gallringsprogram.

Blädningsbruk verkar inte vara ekonomiskt optimalt om endast nuvärde avses (Wikström 2008). Men tidigare studier har kommit fram till att skogsskötselsystem som bygger på en fullskiktad skog är överlägset trakthyggesbruket om man bland annat ser till skötselkostnader och timmerandel (Tahvonen 2010). Enligt en äldre studie varierar även det optimala skötselsystemet geografiskt och över tiden (Tahvonen 2008). Fördelen med blädningsbruk är att man slipper negativa nettointäkter, man behöver exempelvis inte plantera, röja eller markbereda. Vid exempelvis höjda planteringskostnader eller höga sågtimmerpriser kan blädningsbruket vara ett bra alternativ till trakthyggesbruket.

Båda tallbestånden i våra simuleringar gav fullskiktade bestånd med vissa gallringsprogram. Inväxningen i dessa tallbestånd redovisas under tabell fyra i resultatdelen. De inväxningsresultaten är dock medelvärden under hela 100-årsperioden. Inväxningen i tallbestånden blev större mot slutet av planperioden. I en rapport lyckades man att skapa ett ”ojämnt krontak” i tallskogar på dikad torvmark genom att låta beståndet stå ogallrat (Sarkkola et al. 2004). I våra simuleringar testade vi enbart olika gallringsprogram. Det hade varit intressant att ha ett alternativ där man låter skogen vara orörd för att se om man får ett ojämnt krontak även på vanliga mineraljordar.

En annan studie sammanfattade kunskapsläget om fullskiktad tallskog. Tall är ett ljuskrävande trädslag och kan trivas vid friställning. När tallar friställs efter att ha stått i trängsel växer de till sig och kottproduktionen ökar, den egenskapen utnyttjas vid skärpträdställning. Ett hot mot fullskiktade tallskogar är inväxningen av andra trädslag. Framförallt gran kan hota tallen underifrån och ta över. För att möjliggöra fullskiktade tallbestånd på bördigare marker (T24 och uppåt) krävs röjning eller i värsta fall

herbicidbehandling på underväxten (Shelton & Cain 2000). Att bestånd fyra i våra simuleringar lyckades bli fullskiktat trots ett ståndortsindex på T25 och en betydande andel gran, beror på att vi medvetet gallrade ut en stor andel av granen i de första gallringarna. Detta minskade granföryngringen och gav tallen mer plats att föryngra sig. I bestånd fem i våra simuleringar fanns också en del gran. Där var granstammarna väldigt få och undertryckta och granföryngringen var försumbar på grund av den låga boniteten. I våra tallskogs-simuleringar har vi använt oss av rådande skötselrekommendationer för blädningsskog, det vill säga gallringsrekommendationer för fullskiktad granskog. Eftersom tall är ett ljuskrävande trädslag är det möjligt att gallringen skulle kunna varit hårdare i vissa gallringsprogram, än de gränser som vi satte upp, för att ge tallen bättre förutsättningar för föryngring.

Medeltalet för inväxningen under de 100 simulerade åren i de bestånd som klassades som fullskiktade kan ses under rubriken resultat i tabell fem. Enligt tidigare studie har en fullskiktad granskog en ungefärlig inväxning på 5-12 stammar per hektar per år (Lähde et al. 2002). Våra fullskiktade bestånd uppnår under 100-årsperioden en medel-inväxning på mellan tre-fyra stammar per hektar och år. Det bör tilläggas att inväxningen var lägre i början av planperioden och högre i slutet. Mot slutet av planperioden i våra fullskiktade bestånd var inväxningen fem-åtta stammar per hektar.

### **Sammanfattning**

Efter att ha genomfört dessa simuleringar och tagit del av tidigare forskning verkar det vara möjligt att omföra enskiktade skogar till fullskiktade skogar. Både gran och tall verkar möjligt att omföra. Detta kan vara ett bra alternativ till konventionellt trakthyggesbruk exempelvis i tätortsnära produktionsskogar ägda av kommuner eller liknande. I en rapport gjordes en skogsbruksplan för att kunna sköta Linköpings kommuns skogar hyggesfritt (Öhman et al. 2013). Nuvärdet skulle då sjunka 30 % jämfört med om samma skogar sköttes med trakthyggesbruk. Att omföra enskiktade skogar till fullskiktade skogar passar kanske framförallt skogsägare i form av exempelvis kommuner och stiftelser där strävan efter maximalt nuvärde inte är det främsta målet. Omföring av enskiktade skogar till fullskiktade är framförallt lämpligt nära tätorter där det är viktigt att kunna kombinera estetiska och ekologiska värden med möjligheten att fortfarande kunna bedriva skogsbruk.

## REFERENSER

Anon. (1992). Skogspolitiken inför 2000-talet. Bilagor II. Allmänna förlaget, Stockholm. 412s

Drössler, L. Nilsson, U. Lundqvist, L. (2013). Simulated transformation of even-aged Norway spruce stands to multi-layered forests: an experiment to explore the potential of tree size differentiation. *Forestry* 2013; 0, 1–10, doi:10.1093/forestry/cpt037

Hagner, M. (2005). Det långsiktiga nettot vid kalhyggesbruk jämfört med Naturkultur. UBICON Rapport 7, 2005

Kuuluvainen, T. Tahvonen O. Aakala T. (2012). Even-Aged and Uneven-Aged Forest Management in Boreal Fennoscandia: A Review. *Ambio*. 2012 Nov;41(7):720-37. doi: 10.1007/s13280-012-0289-y. Epub 2012 May 12.

Lundqvist, L. Cedergren, J. Eliasson, L. (2009). *Skogsskötselserien Blädning*. 55 s. [Online] Tillgänglig:

<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/PUBLIKATIONER/Skogsskotselserien/PDF/11-Bladningsbruk.pdf>

Pukkola, T. Lähde, E. Laiho, O. (2002). Growth and yield models for uneven-sized forest stands in Finland. Volume 258, Issue 3, 30 June 2009, Pages 207–216

Sarkkola, S., Hökkä, H. & Penttilä, T. 2004 Natural Development of Stand Structure in Peatland Scots Pine Following Drainage: Results Based on Long-Term Monitoring of Permanent Sample Plots. *Silva Fennica* 38(4): 405–412.

Shelton, M. Cain, M. (2000). Regenerating uneven-aged stands of loblolly and shortleaf pines: the current state of knowledge. *Forest Ecology and Management*. 129: 177-193.

Silvaskog (2011). *Utredning skog i Lindesberg, Nora, Hällefors och Ljusnarsbergs kommuner*. 67 s. [Online] Tillgänglig:

[http://www.bmb.se/download/18.34aa74d412fe86c867080001728/Utredning\\_SiLNHL\\_uKart\\_or\\_Silvaskog.pdf](http://www.bmb.se/download/18.34aa74d412fe86c867080001728/Utredning_SiLNHL_uKart_or_Silvaskog.pdf)

Tahvonen, O. (2008). Optimal choice between even- and uneven-aged forest management systems. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 60

Tahvonen, O. Pukkala, T. Laiho, O. Lähde, E. Niinimäki, S. (2010). Optimal management of uneven-aged Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 260 (2010) 106–115.

Tahvonen, O. (2011). Optimal structure and development of uneven-aged Norway spruce forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 2011, 41(12): 2389-2402, 10.1139/x11-130

Wikström, P. (2008). Jämförelse av ekonomi och produktion mellan trakthyggesbruk och blädning i skiktad granskog. Skogsstyrelsen Rapport 24, 200

Öhman, K. Holmström, H. Nordström, E. (2013). Utvärdering av kontinuitetsskogsbruk för Linköpings kommunskogar. SLU. Arbetsrapport 385, 2013

# BILAGOR

## Diversitetindex för Heureka (Peder Wikström 2013):

### Likåldrighetsklass (Even-aged Class)

**Benämning i systemet:** Even-aged Class

**Typ/värden:** Klasser: { Even-aged, Uneven-aged }

**Beskrivning:** Definitionen baseras på RIS-variabeln LIKALD, så att klassen ”tämmligen likåldrigt” motsvarar Even-aged. RIS-taxen ”helt likåldrigt” särskiljs inte i beräkningarna (men kan läsas in som indata).

Om 80 % av volymen finns inom ett åldersintervall om 20 sätts likåldrighetsklassen till likåldrigt (Evenaged), annars till olikåldrigt (Uneven-aged). Beräknas för alla provytor tillsammans, så att ytornas trädlistor slås ihop.

### Skiktning (Tree Size Diversity Class (Hugin def.))

**Benämning i systemet:** Tree Size Diversity Class (Hugin def.)

**Typ/värden:** { Homogenous, Reverse J-shaped }. Alla träd i ett bestånd delas in i fyra diameterklasser, där övre gränsen för största klassen sätts till grövsta trädet i beståndet. Lägre gränsen sätts till 4 cm. Även överståndare och skärmträd ingår. Om antalet träd är monotont avtagande mellan klasser, dvs  $n(i+1) < n(i)$ , för alla klasser, så klassas beståndet som Reverse J-shaped.

$n(i)$  = antal träd i diameterklass  $i$ , där  $i = 1..4$ , och  $i$  ökar med diametern.

### Gini-koefficient (Tree Size Diversity Class (Gini Coefficient.))

**Benämning i systemet:** Tree Size Diversity Class (Gini Coefficient.)

**Typ:** Reellt tal mellan 0 och 1

**Beskrivning:** Gini-koefficienten är ett mått på hur jämnt fördelat något är. Värdet 0 betyder max jämnhet, och värdet 1 maximal ojämnheter. Lexeröd & Edi (2006) föreslog detta mått som beslutsunderlag för att välja ut lämpliga blädningsbestånd, och det är för trädens grunddytor som beräkningen görs (se Lexeröds artikel).

På wiki-sidan som hänvisas till nedan finns en bra beskrivning av Gini-koefficienten och hur den beräknas. Eftersom man i Heureka räknar med flera provytor och typträd (varje träd har en vikt), kan inte den vanliga formeln användas som utgår från individer med vikterna 1. Istället<sup>1</sup> används formeln för en diskret sannolikhetsfördelning (se wiki-sidan nedan).

---

<sup>1</sup> Implementeringen borde egentligen granskas av en statistiker